

Saneamento Básico: Impactos ambientais causados pelo despejo de esgoto no Rio Negro (Amazonas-Brasil)

Basic Sanitation: Environmental impacts caused by the sewage dump in Rio Negro River (Amazonas-Brazil)

Saneamiento Básico: Impactos ambientales provocados por el vertido de aguas residuales en Río Negro (Amazonas-Brasil)

Recebido: 22/09/2022 | Revisado: 05/10/2022 | Aceitado: 08/10/2022 | Publicado: 14/10/2022

Breno da Silveira Dib

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2238-8360>
Instituto de Tecnologia e Educação Galileo da Amazônia, Brasil
E-mail: breno.dib@gmail.com

Olinda Maria Figueira Canhoto

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0332-3652>
Instituto de Tecnologia e Educação Galileo da Amazônia, Brasil
E-mail: olindacanhoto@gmail.com

Roseane de Paula Gomes Moraes

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3290-9385>
Universidade do Estado do Amazonas, Brasil
E-mail: anemoraes@yahoo.com.br

Ingrid Reis da Silva

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6987-9450>
Centro de Biotecnologia da Amazônia, Brasil
E-mail: ingridreis.alvrinho@gmail.com

Resumo

O crescimento desorganizado dos centros urbanos, somado à falta de políticas públicas e investimentos direcionados, causam danos irreparáveis no meio ambiente como um todo e na saúde das populações devido às falhas no sistema de saneamento básico. Objetivou-se avaliar os impactos causados pelo despejo de efluentes não tratados no rio Negro; proceder a análises microbiológicas de amostras de água de vários pontos da orla de Manaus, bem como de igarapés (pequenos afluentes do Rio Negro), a fim de avaliar a saúde desses corpos hídricos, e o avanço de sua poluição atualmente, comparando os resultados obtidos com os limites permitidos na legislação vigente; analisar a possibilidade do despejo de águas residuais não tratadas diretamente no rio Negro, principalmente do uso do emissário subfluvial, sob a ótica de o referido possuir suposta capacidade de autopurificação. Outra meta deste estudo é propor a atualização do Plano Municipal de Saneamento Básico da cidade de Manaus, principalmente no que diz respeito ao estabelecimento de prazo máximo para que se atinja uma porcentagem satisfatória no acesso da população à coleta e tratamento de esgoto na rede municipal. Para tanto, foram coletadas amostras de água de cinco pontos da cidade e realizadas análises de caracterização microbiológica. Foi possível depreender com os resultados, que é evidente a poluição nos igarapés na orla de Manaus, considerando que em todos os cinco pontos avaliados foi constatada a presença de microrganismos prejudiciais à saúde humana, muito em razão do recebimento de despejo desordenado de efluentes.

Palavras-chave: Saneamento básico; Impacto ambiental; Legislação ambiental; Rio negro; Amazônia.

Abstract

The disorganized growth of urban centers, added to the lack of public policies and targeted investments, cause irreparable damage to the environment as a whole and to the health of populations due to failures in the basic sanitation system. The objective of this work was to evaluate the impacts caused by the discharge of untreated effluents into the Rio Negro river; carry out microbiological analyzes of water samples from various points on the edge of Manaus, as well as streams (small tributaries of the Rio Negro), in order to assess the health of these water bodies, and the progress of their pollution today, comparing the results obtained within the limits permitted by current legislation; to analyze the possibility of dumping untreated wastewater directly into the Rio Negro river, mainly from the use of the subfluvial outfall, from the perspective of the aforementioned having a supposed capacity for self-purification. Another goal of this study is to propose the updating of the Municipal Basic Sanitation Plan of the city of Manaus, mainly with regard to the establishment of a maximum period to reach a satisfactory percentage in the population's access to sewage collection and treatment in the municipal network. For that, water samples were

collected from five points of the city coast and microbiological characterization analyzes were carried out. It was possible to infer from the results that the pollution in the creeks on the edge of Manaus is evident, considering that in all five points evaluated the presence of microorganisms harmful to human health was found, largely due to the receipt of disorderly effluent discharge.

Keywords: Basic sanitation; Environmental impact; Environmental legislation; Rio negro; Amazon.

Resumen

El crecimiento desorganizado de los centros urbanos, sumado a la falta de políticas públicas e inversiones focalizadas, provocan daños irreparables al medio ambiente en su conjunto ya la salud de las poblaciones por fallas en el sistema de saneamiento básico. El objetivo fue evaluar los impactos causados por la descarga de efluentes sin tratar al Río Negro; realizar análisis microbiológicos de muestras de agua de varios puntos en el borde de Manaus, así como de arroyos (pequeños afluentes del Río Negro), con el fin de evaluar la salud de estos cuerpos de agua y el progreso de su contaminación en la actualidad, comparando los resultados obtenidos dentro de los límites permitidos por la legislación vigente; analizar la posibilidad de verter aguas residuales sin tratar directamente al río Negro, provenientes principalmente del aprovechamiento del emisario subfluvial, desde la perspectiva de que las mencionadas tengan una supuesta capacidad de autodepuración. Otro objetivo de este estudio es proponer la actualización del Plan Municipal de Saneamiento Básico de la ciudad de Manaus, principalmente en lo que respecta al establecimiento de un período máximo para alcanzar un porcentaje satisfactorio en el acceso de la población a la recolección y tratamiento de aguas residuales en la red municipal. Para ello, se recolectaron muestras de agua en cinco puntos de la ciudad y se realizaron análisis de caracterización microbiológica. De los resultados fue posible inferir que la contaminación en los arroyos de la periferia de Manaus es evidente, considerando que en los cinco puntos evaluados se constató la presencia de microorganismos nocivos para la salud humana, en gran parte por la recepción de descargas desordenadas de efluentes.

Palabras clave: Saneamiento; Impacto ambiental; Legislación medioambiental; Río negro; Amazonia.

1. Introdução

O serviço público de saneamento básico é um dos mais importantes no que diz respeito à saúde e ao meio ambiente, sendo conceituado como o conjunto de medidas que visa preservar ou modificar as condições do meio ambiente com a finalidade de prevenir doenças, promover a saúde, melhorar a qualidade de vida da população, à produtividade do indivíduo e facilitar a atividade econômica (Instituto Trata Brasil, 2021). O que muitos não sabem, é que o saneamento é um conjunto de serviços públicos, infraestruturas e instalações operacionais voltadas para quatro eixos de atividades, quais sejam: abastecimento de água potável, esgotamento sanitário, limpeza urbana, manejo de resíduos sólidos, drenagem e manejo das águas pluviais urbanas, conforme expresso na Lei Federal nº 11.445/2007, com as alterações promovidas pela Lei Federal nº 14.026/2020, que manteve a referida definição (Brasil, 2020).

O desenvolvimento do saneamento sempre esteve ligado à evolução das civilizações, às vezes retrocedendo ou renascendo com o aparecimento de outras. Essa evolução se deu durante vários períodos da história mundial até os dias atuais, sempre buscando a universalização e perfeição do serviço à população, metas almejadas até hoje (Barros, 2014). Destaca-se, que tanto a saúde pública quanto o meio ambiente têm relação vinculada e necessária para o bom desempenho e alcance referentes ao planejamento e execução dos serviços de saneamento básico. Caso não haja tal associação, os municípios sofrerão consequências negativas, visto que as condições inadequadas do processo de saneamento são diretamente responsáveis por afetar o esgotamento sanitário, abastecimento de água potável, sistema de drenagem e limpeza urbana.

O que se nota, no entanto, é justamente a precariedade da política pública aqui estudada nos municípios do país, o que causa, dentre outros, o lançamento desordenado e irresponsável de esgoto em rios e lagos, o que consiste em uma das principais razões da poluição hídrica no Brasil e, principalmente, na cidade de Manaus, que é banhada e cortada por rios e igarapés urbanos. Esse é, inclusive, o entendimento de Silva (2014), que discorre que é possível observar grandes deficiências referentes ao saneamento, principalmente devido à falta de processos e atividades eficientes, desde o fornecimento de água, a coleta e o processamento de resíduos, bem como de esgoto. Estima-se que um dos maiores problemas a serem enfrentados esteja relacionado aos sistemas de esgotamento sanitário e a coleta de resíduos que ainda não se encontram implantados na maioria das regiões do Brasil. De acordo com o estudo de Moreira, *et al.* (2020), a situação de vulnerabilidade socioambiental

também foi objeto de estudo no município da Igarapé-Miri (Pará), tendo se constatado que 89% dos moradores descartavam os resíduos diretamente no quintal / nos fundos da casa / matagal. Neste estudo os próprios entrevistados afirmaram que os problemas de saneamento impactavam na sua saúde.

Ressalta-se, o que destaca o Art. 196 da Constituição da República Federativa do Brasil de 1988: “saúde é direito de todos e dever do Estado [...]”. Assim, resta claro que o poder público deve proporcionar um eficiente saneamento básico a todos da população, mediante “[...] políticas sociais e econômicas que visem à redução do risco de doença e de outros agravos e ao acesso universal e igualitário às ações e serviços para sua promoção, proteção e recuperação” (Brasil, 1988).

O saneamento básico é um problema que afeta o país. Em Manaus, a situação é delicada no que diz respeito, principalmente, ao esgotamento sanitário. Este último, segundo o Instituto Trata Brasil (2021), é acessível a apenas 20% da população urbana da cidade, sendo que apenas 12% das residências estão conectadas à rede de esgoto, o que contribui diretamente para a poluição dos corpos hídricos da cidade de Manaus e periferia. Logo, está evidente que, apesar da forte relação da cidade de Manaus com a água, existe um desinteresse histórico entre os governantes locais, em aplicar recursos em infraestrutura de saneamento básico, a fim de elevar a porcentagem de pessoas beneficiadas com o serviço e diminuir os danos causados pelos efluentes despejados de forma irregular nos rios e igarapés de Manaus.

Para atenuar a fraca política de saneamento básico, Bourscheit e Schimidt (2021) citam em sua reportagem que o governo local tenta se utilizar de brechas legais nas normas. Exemplo disso, foi um documento chamado Carta de Manaus escrito em 2013:

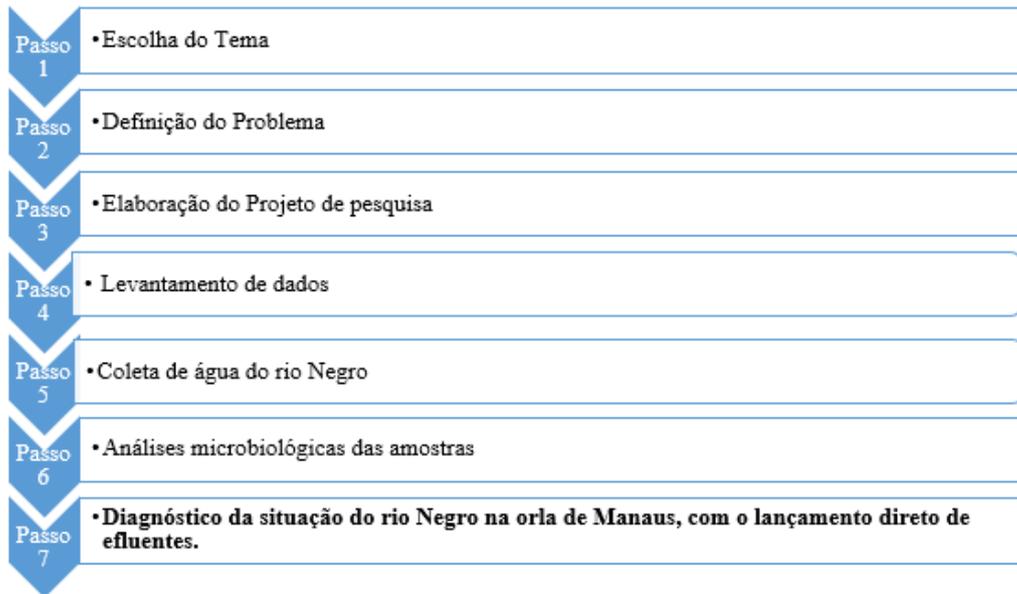
Que apoiou a visão de que o Rio Negro é capaz de receber esgoto *in natura*. Classificaram o rio “como corpo que recebe efluentes sanitários, via tratamento alternativo e descarga, através de um emissário subfluvial, considerando a auto-purificação em corpos d’água com grande capacidade de diluição.

Portando, este visa a avaliar os impactos causados pelo despejo de efluentes no rio Negro; proceder a análises microbiológicas de amostras de água de vários pontos da orla de Manaus, bem como de igarapés, a fim de avaliar a saúde desses corpos hídricos, e o avanço de sua poluição atualmente, comparando os resultados obtidos com a legislação vigente; analisar a possibilidade de que haja o despejo de águas residuais não tratadas diretamente no Rio Negro, principalmente o uso do emissário subfluvial, sob a ótica de o referido possuir suposta capacidade de autopurificação. Outra das metas deste estudo é propor a atualização do Plano Municipal de Saneamento Básico da cidade de Manaus, principalmente no que diz respeito ao estabelecimento de prazo máximo para que se atinja uma porcentagem satisfatória no acesso da população à coleta e tratamento de esgoto. Pelo exposto, este estudo pretende colaborar com a tomada de decisões das autoridades públicas, instituições privadas e também a população, além de alertar para a necessidade de acelerar a implementação dos serviços relacionados ao saneamento básico na cidade de Manaus, a fim de evitar a irreversibilidade dos danos causados, bem como informar sobre as atuais condições de nossas águas. Deixando claro que o problema, ainda reversível, pode se tornar um desastre natural com graves impactos socioambientais.

2. Metodologia

A metodologia utilizada de forma detalhada para a elaboração dessa pesquisa será detalhada neste capítulo, de acordo com a Figura 1.

Figura 1 - Metodologia empregada na pesquisa.



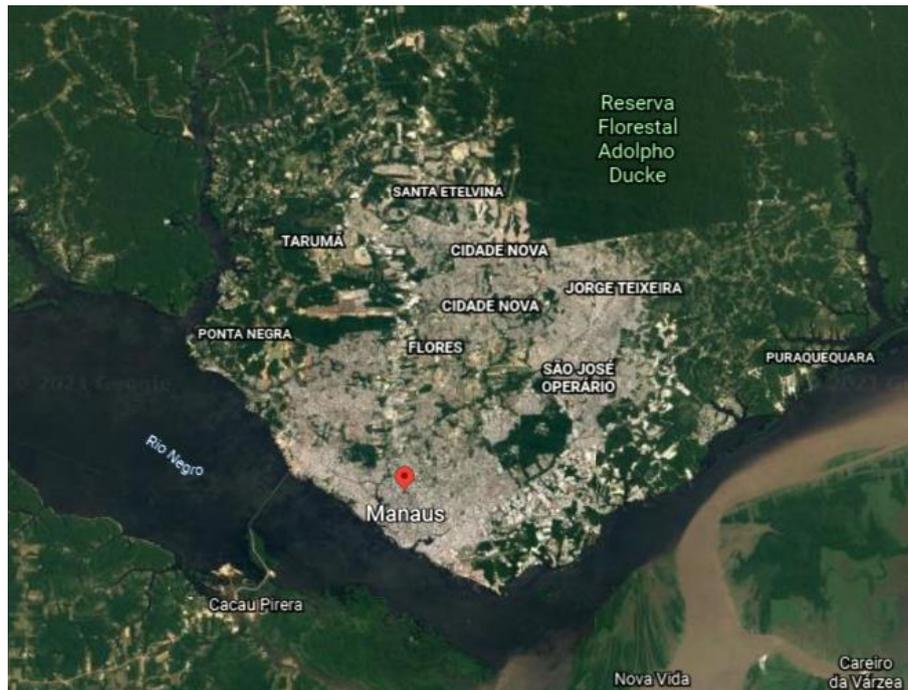
Fonte: Autores (2022).

O esquema da Figura 1 apresenta uma síntese de todas as etapas a serem realizadas para o recolhimento de dados, os quais subsidiarão o diagnóstico sobre a atual situação do rio Negro, conforme observado no “Passo 7”.

2.1 Área de estudo

O município selecionado para estudo é Manaus, que é a capital do estado do Amazonas, no centro da maior floresta tropical do mundo, na coordenada 3° 4' 25" S, 60° 0' 20" W (Figura 2). Segundo dados do IBGE (2021), a área territorial do município abrange 11.401,092 km², densidade demográfica de 158,06 (habitantes/km²), com população de 2.255.903 habitantes.

Figura 2 - Área urbana de Manaus (AM).

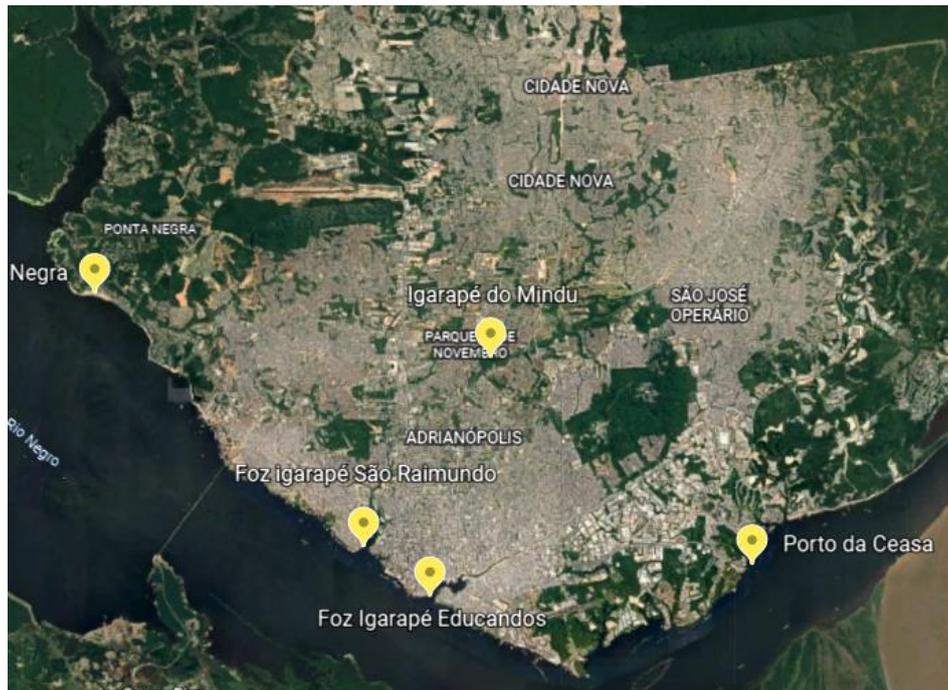


Fonte: Google Earth (2021).

A Figura 2 representa uma imagem aérea retirada do *Google Earth* da cidade de Manaus que é banhada pelo Rio Negro, um dos maiores rios do mundo, que drena uma área de aproximadamente 700.000 km², por cerca de 1.700 km de extensão. O Rio Negro nasce na serra do Junaí, na Colômbia e, por todo seu curso, até a confluência com o Rio Solimões para formar o Rio Amazonas, drena áreas de baixo relevo e terrenos consolidados, o que reflete na sua velocidade e erosão (Cunha & Pascoaloto, 2006). Sua cor escura é, principalmente, devido à drenagem dos solos ricos em solutos húmicos oriundos da matéria orgânica em decomposição da floresta.

A orla de Manaus, área deste estudo, abrange um trecho do rio Negro, a partir de um ponto a montante, cerca de 200m, da foz do igarapé Tarumã Açu, com extensão em torno de 32 km até o porto do Ceasa. A área é limitada pelos paralelos 3°00' e 3°10' S e pelos meridianos 60°07' e 59°50' W.

Figura 3 - Localização dos pontos de coleta - Área de Manaus (AM).



Fonte: Google Earth (2021).

Na Figura 3 podemos observar a localização dos cinco pontos de coleta de água. A amostragem foi realizada no dia 25 de dezembro de 2021, pela parte da manhã, com condições de tempo limpo sem chuva. As amostras foram feitas a cerca de 250 metros das margens (exceção: igarapé do Mindu), sem poluição aparente, nos seguintes locais identificados com marcadores amarelos: praia da Ponta Negra, foz do igarapé São Raimundo, foz do igarapé do Educandos, igarapé do Mindu e no porto da Ceasa (CSA).

A área de estudo está compreendida na área urbana do município de Manaus. De acordo com a Lei municipal nº 1.401, de 14 de janeiro de 2010, a qual dispõe sobre a criação e a divisão dos bairros de Manaus, cujo município conta com um total de 63 bairros.

Ressalta-se, por fim, que as amostras foram armazenadas em recipientes próprios esterilizados e mantidos sob refrigeração adequada, até a efetiva análise. O citado material foi fornecido pela Dra. Ingrid Reis da Silva, do Centro de Biotecnologia da Amazônia (CBA).

2.2. Procedimento para levantamento de dados

Inicialmente o tema referenciado consistiu-se na pesquisa de literatura especializada, como livros, artigos publicados em revistas científicas, periódicos, seminários, simpósios, trabalhos acadêmicos, legislações federal, estadual e municipal, disponíveis tanto por meio impresso quanto digital.

2.3. Métodos

As análises de caracterização microbiológica foram realizadas através da quantificação de *Escherichia coli* e coliformes totais conforme metodologia descrita em *Standard Methods for the Examination of Wastewater* (Apha, 2005). A determinação de coliformes totais e de *Escherichia coli* foi realizada a partir da utilização de meios seletivos e substrato cromogênico-fluorogênico-hidrolizável, empregando 100 mL de cada amostra, oriundas dos diferentes pontos de coleta. A

determinação de *Pseudomonas aeruginosa* foi realizada pela técnica de membrana filtrante, sendo as bactérias retidas na membrana transferidas para tubos contendo caldo Luria Bertain Broth (LB) e incubadas à 37°C por 24h. (Silva, *et al.*, 2017).

Após o crescimento bacteriano, as amostras foram semeadas em placas de Petri contendo meio de cultura para isolamento de *Pseudomonas* com Agar M-PA-C que é um meio seletivo e diferencial para bactérias do gênero *Pseudomonas*, em seguida as placas foram incubadas a 37°C por 24h. Após o crescimento em placas, foram selecionadas colônias bacterianas com características típicas da espécie *P. aeruginosa* (Trabulsi & Althertun, 2004). Para identificação, por metodologia clássica, os isolados selecionados foram submetidos à coloração de Gram e provas bioquímicas convencionais, como oxidase, motilidade, produção de H₂S e crescimento em caldo simples a 42°C. Para a análise dos testes bioquímicos foi utilizada a tabela de leitura descrita pela Probac do Brasil. A determinação bactérias heterotróficas foi realizada através da técnica de semeadura em profundidade em ágar PCA (Plate Count Agar) e incubadas a 35-37°C por 24 horas. O procedimento foi realizado em duplicata. Para a determinação de bolores e leveduras foi utilizado o meio ágar Sabouraud pelo método de semeadura em superfície (Spread plate).

3. Resultados e Discussão

3.1 Microrganismos testados

3.1.1 Coliformes Termotolerantes (45°C) e Coliformes Totais

Os Coliformes totais são definidos, legalmente, como:

Coliformes totais (bactérias do grupo coliforme) - bacilos gram-negativos, aeróbios ou anaeróbios facultativos, não formadores de esporos, oxidase-negativos, capazes de desenvolver na presença de sais biliares ou agentes tensoativos que fermentam a lactose com produção de ácido, gás e aldeído a 35,0 ± 0,5°C em 24-48 horas, e que podem apresentar atividade da enzima β-galactosidase e β-glucoronidase (Brasil, 2004).

Coliformes fecais ou Coliformes termotolerantes são bactérias que podem se desenvolver e/ou fermentar a lactose com produção de gás a 44°C em 24 horas. A espécie elementar nesse grupo é a *Escherichia coli*. A referida avaliação microbiológica da água tem uma função relevante, em razão da variedade de microrganismos patogênicos, predominantemente de origem fecal, que pode estar presente na água. (Bettega, *et al.*, 2006). A presença de coliformes totais não implica que a água esteja de fato comprometida, porém pode indicar a presença de bactérias possivelmente patogênicas.

“Amplamente distribuídos na natureza, os coliformes se propagam com maior frequência na água, especialmente, os coliformes termotolerantes, de origem fecal, que têm tido grande atenção da saúde pública” (Specian, *et al.*, 2021).

Atualmente denominados de termotolerantes, os coliformes fecais são o grupo dos coliformes totais que estão presentes especificamente no intestino e nas fezes de animais de sangue quente e são considerados uma indicação mais precisa de contaminação fecal de animais e humanos. A principal espécie do grupo dos coliformes termotolerantes é bactéria *Escherichia coli* (*E. coli*), que é considerada o melhor indicador de poluição fecal. (Micro Ambiental, 2021). Depreende-se, que a presença de contaminação fecal é um indício de que as pessoas expostas a essa água correm considerável risco à saúde. A referida contaminação ocorre quando, geralmente, quando há despejos de esgotos domésticos ou outra fonte de dejetos humanos e animais. Algumas doenças patogênicas transmitidas pela água incluem febre tifoide, cólera, gastroenterite viral e bacteriana e hepatite A (Melo, 2019).

3.1.2 Bactérias Heterotróficas

Segundo Vespermann, *et al.* (2013), as bactérias heterotróficas são aquelas que usam matéria orgânica como fonte de carbono. Podem ser encontradas em variados ambientes, como: solo, alimentos, água e ar. Uma parte delas pode se multiplicar

dentro de tubulações e equipamentos utilizando nutrientes presentes nos materiais usados na construção dos citados, resquícios de matéria orgânica deixados nos equipamentos ou carbono particulado presente na água, podendo formar biofilmes na superfície dos mesmos.

As bactérias heterotróficas conhecidas como parasitas são aquelas que adquirem o seu alimento por meio de seres vivos, causando-lhes doenças. Algumas dessas bactérias utilizam o corpo humano como fonte de alimento, causando diversas doenças, como leptospirose, sífilis, cólera e gonorreia.

3.1.3 *Pseudomonas aeruginosa*

De acordo com Todar (2020), *Pseudomonas aeruginosa* é uma bactéria frequentemente presente na água e no solo. No entanto, ocorre, também, nas superfícies das plantas e eventualmente nas superfícies dos animais.

De fato, *Pseudomonas aeruginosa* é ocasionalmente um patógeno de plantas, porém pode ser identificada como um patógeno oportunista emergente de relevância clínica. Estudos epidemiológicos averiguam sua ocorrência como patógeno nosocomial e mostram que a resistência a antibióticos está crescendo.

Pseudomonas aeruginosa é:

[...] um patógeno oportunista, o que significa que ele explora alguma quebra nas defesas do hospedeiro para iniciar uma infecção. De fato, *Pseudomonas aeruginosa* é o epítome de um patógeno oportunista de humanos. A bactéria quase nunca infecta tecidos não comprometidos, mas dificilmente há tecido que ela não possa infectar se as defesas do tecido estiverem comprometidas de alguma maneira. Causa infecções do trato urinário, infecções do sistema respiratório, dermatites, infecções de tecidos moles, bacteremia, infecções ósseas e articulares, infecções gastrointestinais e uma variedade de infecções sistêmicas, particularmente em pacientes com queimaduras graves e em pacientes com câncer e AIDS imunossuprimidos (Todar, 2020)".

Portanto, os cuidados relativos à qualidade da água são de extrema importância para a população, uma vez que a água serve de veículo de patógenos que podem desencadear doenças graves, sendo fundamental o seu controle.

3.1.4 Bolores e Leveduras

Os bolores e leveduras formam um grupo de microrganismos, em sua maioria oriunda do ar ou do solo. Os bolores são bastante variantes, posto que grande parte das espécies é apta a absorver qualquer fonte de carbono originária de alimentos. São também muito resistentes às condições adversas, como ácido, pH e atividade de água (Silva, *et al.*, 2010).

Segundo Silva, *et al.* (2010), entre os principais sintomas estão: náuseas, vômitos, cólicas, prostração, pressão baixa ou queda de temperatura. A recuperação total ocorre em torno de dois dias e as complicações ou mortes são bem incomuns. O diagnóstico é simples, especialmente quando há um surto com predomínio de sintomas gastrointestinais superiores, com intervalo curto entre a ingestão do alimento contaminado e o início dos sintomas.

3.2 Da análise dos resultados e discussões

No Quadro 1 estão apresentados os resultados das análises microbiológicas das cinco amostras de água coletadas na praia da Ponta Negra, na foz do igarapé São Raimundo, na foz do igarapé do Educandos, no igarapé do Mindu e no porto da Ceasa, para análise dos parâmetros de qualidade.

Quadro 1. Dados das amostras de água – em Unidades Formadoras de Colônias (UFC)/g.

Microrganismos testados	Praia da Ponta Negra	Igarapé do Mindu	Igarapé do São Raimundo	Igarapé do Educandos	Porto da Ceasa	Limites aceites pela legislação
Coliformes Termotolerantes (45°C)	5,0 x 10 ³	2,5 x 10 ²	2,0 x 10 ³	3,5 x 10 ³	1,0 x 10 ³	Ausência/ 100 mL
Coliformes Totais	2,5 x 10 ³	1,5 x 10 ²	1,5 x 10 ³	3,5 x 10 ³	1,0 x 10 ³	Ausência/ 100 mL
Bolores e Leveduras	1,0 x 10 ²	3,3 x 10 ³	1,0 x 10 ³	1,5 x 10 ³	2,5 x 10 ³	Ausência/ 100 mL
Bactérias Heterotróficas	1,5 x 10 ³	1,5 x 10 ³	1,0 x 10 ³	2,0 x 10 ³	3,0 x 10 ³	Ausência/ 100 mL
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	Ausência	Presença	Presença	Presença	Ausência	Ausência

Fonte: Autores (2022).

Como se pode notar pelos resultados apresentados no Quadro 1, em todas as amostras coletadas há presença de Coliformes Termotolerantes (45°C) e Coliformes Totais, destacando-se, negativamente, aquelas coletadas nas águas próximas à praia da Ponta Negra e foz do igarapé do Educandos, as quais obtiveram os maiores índices de concentração por 100 ml, sendo 5,0 x10³ UFC/g para Coliformes Termotolerantes (45°C) e 3,5x10³ UFC/g para Coliformes Totais, respectivamente. Os limites aqui utilizados são aqueles aceitos pelo MAPA (Ministério de Agricultura, Pecuária e Abastecimento) - Resolução RDC nº 275, de setembro de 2005 e Portaria nº 518, de 25 de março de 2004 – Potabilidade de água. De acordo com a Portaria nº 518, de 25 de março de 2004 – Potabilidade de água, bem como Resolução RDC nº 275, de setembro de 2005, há de ser respeitados alguns limites em relação à qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade (Brasil, 2005a).

A água potável deve estar em conformidade com o padrão microbiológico para consumo humano, cujo valor máximo deve ser a ausência de microrganismo em 100 ml de amostra de água coletada (Brasil, 2004). Para a avaliação das condições de potabilidade de uma água utilizam-se bactérias do grupo coliforme, que atuam como indicadores de poluição fecal, pois estão presentes no trato intestinal humano e de outros animais de sangue quente, sendo eliminadas em grande número pelas fezes. A presença de coliformes na água indica poluição, com o risco potencial da presença de microrganismos patogênicos e sua ausência é evidência em uma água bacteriologicamente potável, uma vez que são mais resistentes na água que as bactérias patogênicas de origem intestinal (Brasil, 2005b).

Os citados índices chamam a atenção, visto que é um lugar que abriga muitos moradores às suas margens, no caso da foz do igarapé do Educandos, e lugar de recreação para banhistas, no caso da praia da Ponta Negra.

Ainda sobre os microrganismos encontrados na pesquisa, a Resolução do CONAMA nº 357, de 17 de março de 2005, que dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, externa em seu 4º, inciso III, que as águas aqui analisadas pertencem à classe 2, que são aquelas que podem ser destinadas (Brasil, 2005b):

- a) ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional;
- b) à proteção das comunidades aquáticas;
- c) à recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho, conforme Resolução CONAMA nº 274, de 2000;
- d) à irrigação de hortaliças, plantas frutíferas e de parques, jardins, campos de esporte e lazer, com os quais o público possa vir a ter contato direto; e
- e) à aquicultura e à atividade de pesca.

Adiante, o art. 15, inciso II da mesma norma, estabelece os padrões e condições da qualidade da água doce de classe 2, conforme abaixo:

II - coliformes termotolerantes: para uso de recreação de contato primário deverá ser obedecida a Resolução CONAMA n° 274, de 2000. Para os demais usos, não deverá ser excedido um limite de 1.000 coliformes termotolerantes por 100 mililitros em 80% ou mais de pelo menos 6 (seis) amostras coletadas durante o período de um ano, com frequência bimestral. A *E. coli* poderá ser determinada em substituição aos parâmetros coliformes termotolerantes de acordo com limites estabelecidos pelo órgão ambiental competente (Brasil, 2000).

Nota-se, de plano, que os locais cujas coletas foram realizadas estão impróprios, considerando os níveis de coliformes termotolerantes e coliformes totais detectados.

Cita-se, também, que o art. 2° da Resolução CONAMA n° 274, de 2000, define os critérios de balneabilidade em águas brasileiras, senão vejamos:

Art. 2° As águas doces, salobras e salinas destinadas à balneabilidade (recreação de contato primário) terão sua condição avaliada nas categorias própria e imprópria.

[...]

§ 4o As águas serão consideradas impróprias quando no trecho avaliado, for verificada uma das seguintes ocorrências: a) não atendimento aos critérios estabelecidos para as águas próprias; b) valor obtido na última amostragem for superior a 2500 coliformes fecais (termotolerantes) ou 2000 *Escherichia coli* ou 400 enterococos por 100 mililitros (Brasil, 2000).

Neste ponto, destacam-se os altos níveis de coliformes encontrados na praia da Ponta Negra que, como já mencionado, é destinada à balneabilidade. A detecção de água com coliformes totais pode ser resultado da presença de residências e muitas vezes de criação de animais às margens do rio afetado (Honorato, *et al.*, 2020).

Quanto à verificação relacionada a bolores e leveduras, ficou constatado que são microrganismos comuns em todas as amostras, o que tem relação com sua resistência às condições adversas, como pH, ácido e atividade de água. O mínimo atingido nas análises foi na Praia da Ponta Negra, o equivalente a $1,0 \times 10^2$, e o máximo foi no igarapé do Mindu, o total de $3,3 \times 10^3$.

Adiante, a determinação da quantidade de bactérias heterotróficas em águas é um importante instrumento auxiliar no controle bacteriológico para avaliação das condições higiênicas e de proteção. Ademais, essas bactérias têm o poder de inibir a detecção dos coliformes, quando encontrados em quantidades elevadas na água. Todas as amostras de águas coletas mostraram-se deterioradas pela presença de bactérias heterotróficas, tendo o grau mais alto a amostra retirada próximo ao Porto da Ceasa e, grau mais baixo, a amostra retirada da foz do igarapé do São Raimundo.

Por fim, na última amostra, temos um patógeno oportunista chamado *Pseudomonas aeruginosa*, que é um microrganismo encontrado em qualquer habitat, incluindo água e sistema de distribuição, solo, ar e o próprio homem. Destaca-se, ainda, que ele pode interferir nas análises de coliformes, sendo responsáveis por resultado falso, ou seja, negativo das análises colorimétricas, caso haja altas concentrações (Almeida, 2010). De acordo com os resultados, houve a detecção da presença de *Pseudomonas aeruginosa* na foz do igarapé do São Raimundo, na foz do igarapé do Educandos e no igarapé do Mindu. Por outro lado, este microrganismo não foi detectado no porto do Ceasa nem praia da Ponta Negra. De acordo com a literatura, este microrganismo pode apresentar resistência natural ou adquirida a grande número de antibióticos utilizados na prática clínica (Neves, *et al.*, 2011).

Diante de todos os resultados aqui demonstrados, fica evidenciada a carência de saneamento básico na cidade de Manaus, mais especificamente do esgotamento sanitário. De certo, ter apenas 20% da população total (urbana e rural) atendida por rede coletora de esgoto, influencia sobremaneira na situação preocupante do rio Negro, que sofre despejo irregular de efluentes e está com os níveis de poluição cada vez mais elevados.

A história nos expõe que a ineficiência do serviço de saneamento básico é acompanhada de diversas doenças causadas, principalmente, pelos microrganismos encontrados nos rios e igarapés, afetando direta e indiretamente as pessoas

que utilizam essas águas de alguma forma, trazendo graves consequências em termos de saúde para a população principalmente os mais carentes que utilizam a água do rio diretamente para consumo.

4. Considerações Finais

A discussão sobre um saneamento básico adequado é de suma importância para a sociedade, uma vez que a deficiência desse serviço influencia sobremaneira na qualidade da água de nossos rios e igarapés. Portanto, é indiscutível que a água é indispensável para a vida e todo empenho deve ser feito para garantir a sua qualidade, do contrário, jovens, idosos, doentes, e todos aqueles que vivem em condições sanitárias inadequadas estarão expostos aos riscos de contrair doenças (Gleeson & Gray, 1997 como citado em Almeida, 2010).

A fim de avaliar os corpos hídricos que banham a cidade de Manaus, foram realizadas as coletas de amostras de águas na praia da Ponta Negra, na foz do igarapé São Raimundo, na foz do igarapé do Educandos, no igarapé do Mindu e no porto da Ceasa. Após, foram analisados os resultados obtidos, confrontando-os com a legislação vigente, com intuito de saber o avanço da poluição em nossas águas. Foi possível depreender com os resultados, que a poluição nos igarapés e orla de Manaus são evidentes, considerando que em todos os cinco pontos avaliados foram constatadas a presença de microrganismos capazes de prejudicar a saúde humana e animal. Comparando os resultados alcançados com os limites máximos estipulados nas normas em vigor, constata-se que a água dos locais visitados está fora do padrão de potabilidade para consumo humano, posto que a água potável deve estar em conformidade com o padrão microbiológico, cujo valor máximo deve ser a ausência de microrganismos em 100 ml de amostra de água coletada.

Os resultados preocupantes que aqui são discutidos indicam claramente que o sistema de saneamento básico de Manaus, mais especificamente a coleta e tratamento de esgoto, ainda não é o adequado e está longe de ser. A grande quantidade de microrganismos encontrados no rio Negro está direta e inversamente ligada à pequena porcentagem (20%) da população total (urbana e rural) atendida por rede coletora de esgoto nesta cidade.

Diante da atual situação, não resta dúvidas de que não é possível viabilizar qualquer despejo ou emissário subfluvial de efluentes diretamente nos rios e igarapés sem o devido tratamento essencial. Faz-se necessário que haja, com brevidade, a atualização do Plano Municipal de Saneamento Básico da Cidade de Manaus, a fim de que se amolde aos termos básicos da Lei Federal nº 14.026/2020, o Novo Marco Legal do Saneamento Básico, no que diz respeito, principalmente, à universalização dos serviços de saneamento, cujo maior objetivo é de que 90% (noventa por cento) da população brasileira tenha acesso à coleta e tratamento de esgoto até 31 de dezembro de 2033. O intuito é que o município de Manaus, ao atualizar seu plano sobre saneamento, idealize e estabeleça uma data-limite próxima para que órgãos e empresas envolvidas possam atingir o mesmo ou maior patamar estipulado na lei nacional, em relação à coleta e tratamento de esgoto.

Diante de todo o exposto, constatou-se que o saneamento na cidade de Manaus ainda é, no geral, precário principalmente em relação à coleta e tratamento de esgoto. Notou-se, também, que o rio Negro na orla de Manaus não atende aos padrões potabilidade e qualidade da água para consumo humano, muito em razão do recebimento de despejo desordenado de efluentes oriundos da cidade. E, por fim, infere-se ser necessária a atuação conjunta dos órgãos públicos e empresa responsável para atualizar as normas pertinentes, e agir o quanto antes a fim de elevar a porcentagem de pessoas atendidas principalmente pela coleta e tratamento de esgoto, atingindo patamares exemplares acima de 90% em uma década.

É importante manter um estudo e acompanhamento atualizados sobre o tema. Portanto, sugerem-se a futuros trabalhos de pesquisadores, que sejam verificados, constantemente, os índices de poluição do rio Negro e igarapés de Manaus, com fito de saber se houve significativa piora ou melhora dos indicadores de saneamento básico e sua concordância com a legislação vigente. Outra importante recomendação é a monitorização das condições de saúde das comunidades que vivem nas proximidades das áreas onde foram realizadas as coletas de água, sobretudo na ocorrência de doenças relacionadas à

precariedade do saneamento básico.

Referências

- APHA. (2005). *Standard methods for the examination of water and wastewater*, 21sted. Washington, DC, New York: American Public Health Association.
- Almeida, R. G. (2010). *Pseudomonas aeruginosa como indicador de qualidade de água*. Trabalho de Conclusão de Curso (Ciências Biológicas) - Centro Universitário Metodista Izabela Hendrix.
- Barros, R. (2014). A história do saneamento básico no Brasil. Recuperado em outubro de 2021 de <https://www.rodoinside.com.br/a-historia-do-saneamento-basico-no-brasil/>.
- Bettega, J. M. P. R. (2006). Métodos analíticos no controle microbiológico de água para consumo humano. *Cienc. agrotec.* 30(5), 950-4. Recuperado em agosto de 2022 de <https://www.scielo.br/j/cagro/a/3VjMJ4jszQBmsmFfs3srP4j/?format=pdf&lang=pt>.
- Bourscheit, A., & Schmidt, S. (2021). A Maior cidade da Amazônia despeja quase tudo no rio. *INFOAMAZÔNIA*. <https://infoamazonia.org/2021/03/26/a-maior-cidade-da-amazonia-despeja-quase-tudo-no-rio/>.
- BRASIL. (1988). Constituição da República Federativa do Brasil: promulgada em 5 de outubro de 1988. de http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicao.htm.
- BRASIL. (2000). Ministério do Meio Ambiente (MMA). Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). Resolução CONAMA Nº 274, de 29/11/2000. Define os critérios de balneabilidade em águas brasileira. <http://conama.mma.gov.br/atos-normativos-sistema>.
- BRASIL. (2004). Ministério da Saúde. Portaria nº 518, de 24 de março de 2004. Estabelece os procedimentos e responsabilidades relativos ao controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade, e dá outras providências. Diário Oficial da União. Brasília, 25 mar. 2004. http://189.28.128.100/dab/docs/legislacao/portaria518_25_03_04.pdf.
- BRASIL. (2005a). Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Resolução de Diretoria Colegiada. RDC nº 275, de 22/09/2005. Dispõe sobre o Regulamento Técnico de características microbiológicas para água mineral natural e água natural. https://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/anvisa/2005/rdc0275_22_09_2005.html.
- BRASIL. (2005b). Ministério do Meio Ambiente (MMA). Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). Resolução CONAMA Nº 357, de 17/03/2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. <http://conama.mma.gov.br/atos-normativos-sistema>.
- BRASIL. (2020). Lei Federal Nº 14.026, de 6 de julho de 2020. Atualiza o marco legal do saneamento básico e altera a Lei nº 9.984, de 17 de julho de 2000, para atribuir à Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA) competência para editar normas de referência sobre o serviço de saneamento, a Lei nº 10.768, de 19 de novembro de 2003, para alterar o nome e as atribuições do cargo de Especialista em Recursos Hídricos, a Lei nº 11.107, de 6 de abril de 2005, para vedar a prestação por contrato de programa dos serviços públicos de que trata o art. 175 da Constituição Federal, a Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007, para aprimorar as condições estruturais do saneamento básico no País, a Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010, para tratar dos prazos para a disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos, a Lei nº 13.089, de 12 de janeiro de 2015 (Estatuto da Metrópole), para estender seu âmbito de aplicação às microrregiões, e a Lei nº 13.529, de 4 de dezembro de 2017, para autorizar a União a participar de fundo com a finalidade exclusiva de financiar serviços técnicos especializados. http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2020/lei/114026.htm.
- Cunha, H. B., & Pascoaloto, D. (2006). Hidroquímica dos rios da Amazônia. Manaus: Governo do Estado do Amazonas/ Secretaria de Estado da Cultura/Centro Cultural dos Povos da Amazônia - Série Pesquisas, Manaus. 127pp.
- GOOGLE. (2021). *Google Earth website*. <https://www.google.com.br/intl/pt-BR/earth/>.
- Honorato, A. L. L., Gomes, J. G. F., Silva, M. A., & Oliveira, G. A. L. (2020). Análise microbiológica da água distribuída no Município de Piripiri – PI proveniente do Açude Caldeirão e de poços artesianos. *Research, Society and Development*, 9(8)
- IBGE. (2021). Área da unidade territorial: Área territorial brasileira. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/am/manaus.html>.
- INSTITUTO TRATA BRASIL (2021). Saneamento: Principais Estatísticas. <https://www.tratabrasil.org.br/pt/saneamento/principais-estatisticas>.
- Melo, M. F. (2019). Doenças de Veiculação Hídricas. https://aedmoodle.ufpa.br/pluginfile.php/367065/mod_resource/content/1/Doen%C3%A7as%20de%20Veicula%C3%A7%C3%A3o%20H%C3%ADdrica_completo.pdf.
- MICRO AMBIENTAL. (2021). Análise de bactérias coliformes na água por que fazer? São Paulo. 1 p. <https://microambiental.com.br/analises-de-agua/analise-de-bacterias-coliformes-na-agua-por-que-fazer/>.
- moreira, F. N. C., cunha júnior, A. J. P., mourão, F. V., & cunha, M. V. P. O. (2020). Analysis of the disposal of sanitary sewage in a riverside area in northern Brazil. *Research, Society and Development*, 9 (7), e988975123.
- Neves, P. R, Mamizuka, E. M., Levy, C. E., & Lincopan, N. (2011). *Pseudomonas aeruginosa* multirresistente: um problema endêmico no Brasil. *Medicina Laboratorial • J. Bras. Patol. Med. Lab.*, 47 (4).
- Silva, L. A. (2014). *Desenvolvimento e avaliação de um protótipo de estação compacta para tratamento de esgotos em unidades residenciais unifamiliares*. 2014. 191f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos) – Universidade de Brasília, Brasília.

Silva, N., Junqueira, V. C. A. J., Silveira, N. F. A., Taniwaki, M. H., Romeiro, R. A., & Okazaki, M. M. (2017). Manual de métodos de análise microbiológica de alimentos e água. 5 ed. São Paulo: Blucher, 2017. ISBN 978-85-212-1225-6.

Specian, A. M., Specian, A. M. P., Nascimento, A. L., Dal Col, R., Daros, V. S. M. G., Mattos, E. C., & Silva, V. R. (2021). Ocorrência de bactérias heterotróficas, coliformes totais e *Escherichia coli* em amostras de água de abastecimento público de dois municípios do Estado de São Paulo. *BEPA. Boletim Epidemiológico Paulista*, 18(205). <https://periodicos.saude.sp.gov.br/BEPA182/article/view/34720>.

Todar, K. (2020). Pseudomonas, in *Todar's Online Textbook of Bacteriology*. https://textbookofbacteriology.net/pseudomonas_2.html

Vespermann, K. A. C. (2013). Contagem de bactérias heterotróficas em amostras de água mineral comercializadas em Teófilo Toni-MG. *Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência (SBPC)*. Recife. 4p. <http://www.sbcnet.org.br/livro/65ra/resumos/resumos/4147.htm>.